

中部ミニフォーラム
優秀論文

津波による海岸保全施設の 被災状況調査

川崎地質株式会社 佐藤祥昭

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、三陸の沿岸部で海岸保全施設が大きく被災した。被災メカニズムを解明する為には、被災直後の状況を調査把握することが重要であり、岩手沿岸5海岸(宮古市金浜海岸, 大槌町大槌川河口, 釜石市両石海岸, 大船渡市越喜来海岸, 陸前高田市陸前高田海岸)を対象として、被災状況調査を2011年5月に実施した(海岸保全施設周辺津波洗掘等調査業務 国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所 平成23年7月)。被災現場では応急対策工事が最優先に実施されるが、被災時の状況をより正確に把握するためには、工事が開始する前に広域的な地形変動の調査と、現地での詳細な調査を早急に実施する必要がある。

今回の調査ではこの要求に応じて、高精度ヘリレーザ技術と水上バイクを使用した音響測深技術により、被災直後の地形変化量を測定すると同時に、現地調査やボーリング、及びサウンディングを多数実施する事により、被災直後の状況を把握することができた為、これを報告する。

2. 調査内容

調査全体のイメージを図-1に示す。

① 地形変化量の調査

被災した沿岸部の地形変化量を把握する為、航空レーザ測量、及び深淺測量を実施した。従来の航空レーザ計測システムは、地図情報レベル1000までの測量(1m四方に1点程度のデータ取得、標高精度30cm)が一般的である

ため、施設調査に十分な密度、精度とはならない。

今回の調査では、ヘリコプターに搭載した高精細・高精度航空レーザ測量システムSAKURA(NETIS CB-100031-A)を適用し、15cm四方に1点のデータ取得とした。このシステムは、山間地における地図情報レベル500の地形測量、堤防沈下計測等の実績も多く、広範囲で地上測量に相当する測量が必要とされる場合に適している。深淺測量は、非常に水深が浅く、また津波により運び出された浮遊物や障害物が非常に多いことから、喫水が浅く、スクリューを備えていない水上バイクに音響測深機を搭載したシステムにより実施した。

② 被災構造物の調査

構造物の破損断面などから施設の構造形態を想定する構造調査、構造物本体の変状を観察・測定する変状調査、ならびに構造物の構成部材がどのように飛散したか調べる飛散調査を実施し、海岸構造物の被災状況を把握した。

③ 最大洗掘深の把握

宮古市金浜海岸と大槌町大槌川河口を対象として、最大洗掘深および再堆積状況を把握する為、調査ボーリングとサウンディングを実施した。

調査ボーリングは破堤箇所の堤内側法先部にて、サウンディングは破堤した堤防の縦横断方向にて実施した。堤内側法先部は洗掘が激しく浸水していた為、作業用フロートを用いて水上でスウェーデン式サウンディングを実施した。

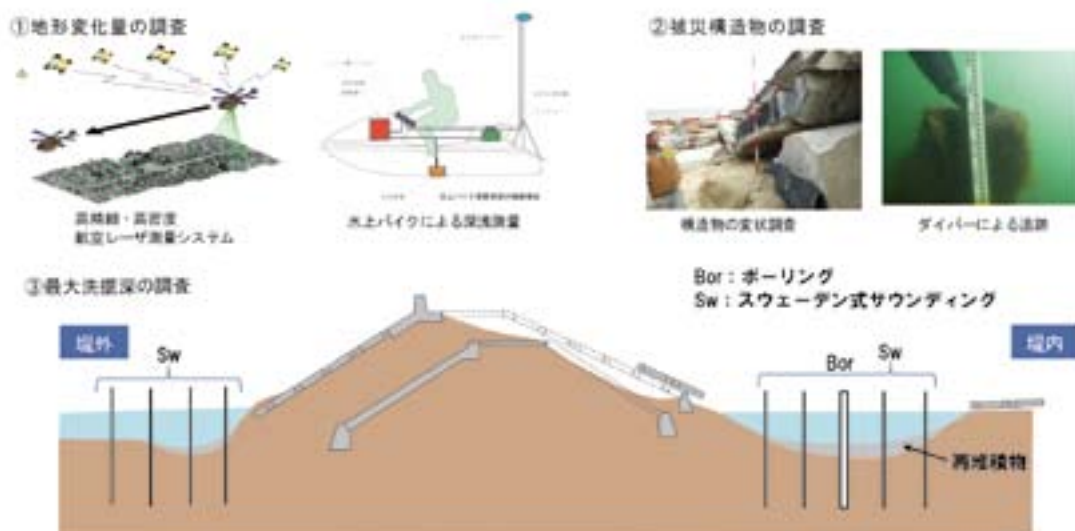


図-1 調査のイメージ

3. 調査結果

① 地形変化量の調査

高精細・高密度航空レーザ測量システムにて、極めて詳細な被災直後の状態を保存する事ができた。図-2は空中写真に地形起伏図を重ね可視化させたものである。これに、水上バイクによる深淺測量結果と併せて、図-3に示す陸海統合地形図を作成することで、押し波による堤内洗掘跡や、引き波による堤外洗掘跡など、広域な被災状況が明瞭となった。更に、被災前の既往LPデータ、既往深淺測量結果を入手し、被災前後の地形の変化量を把握する事ができた。(図-4)

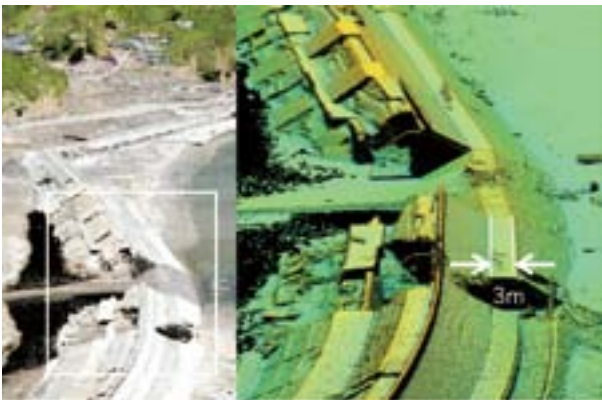


図-2 金浜海岸の被災状況を可視化



図-3 高田海岸の陸海統合地形図

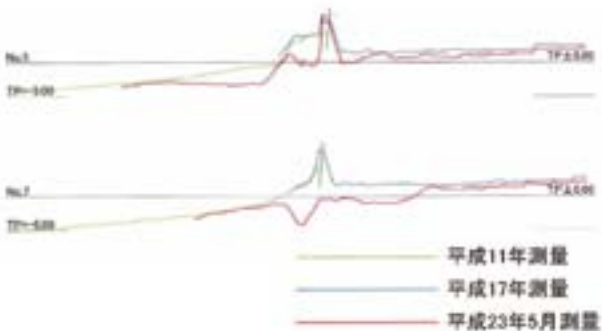


図-4 震災前後の比較断面図

② 被災建造物の調査

構造調査では、各自治体での資料収集や、被災建造物の形状を測定する事により、被災前の建造物を想定し、標準断面図を作成した。飛散物調査では、サイドスキャンソナーやダイバーによる追跡により、飛散建造物の位置を特定する事ができた。変形調査では、建造物の被災断面やスリップバーの変形などを観察することにより、被災時の破断方向や変形状態をおおまかであるが想定する事ができた。

③ 最大洗掘深の把握

破堤部で実施した調査ボーリング、及び縦横断方向に実施したサウンディングにより、津波による最大洗掘深と再堆積物の状況を把握する事ができた。ボーリングコア試料の観察により、洗掘により潜り込んだと思われるコンクリート片や、津波堆積物特有の平行層理を確認する事ができた。その他、粒度試験や、塩分濃度試験、電気検層を実施し、再堆積物と基礎地盤の境界を区分する事ができた。特にスウェーデン式サウンディングは機動力が高く、技術者が状況に合わせて調査を繰り返す事ができ、非常に有益であった。今回は写真-1に示すように水上での作業となったが、写真-2のようにガイドパイプを用いることにより、掘削音を確認する事ができた。



写真-1 作業の状況



写真-2 ガイドパイプ設置

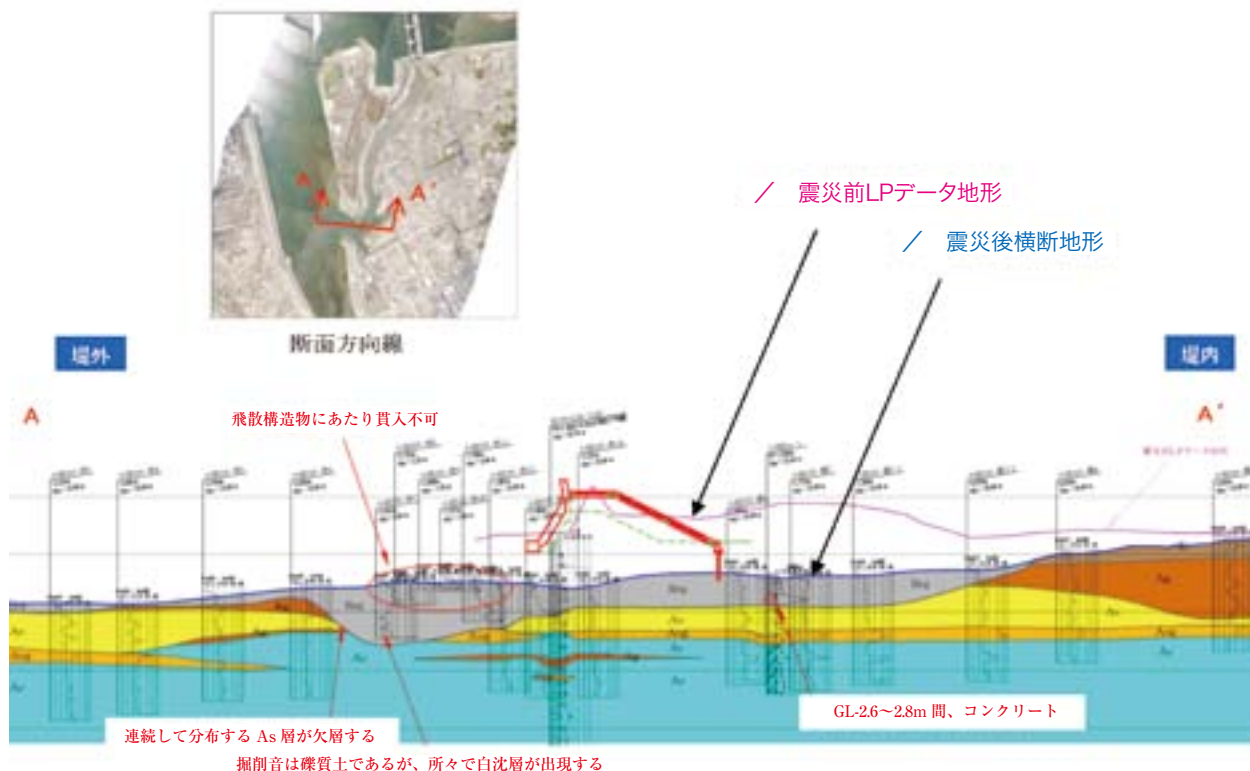


図-5 大槌川河口の最大洗掘深調査結果

4. 津波による広域な洗掘状況

陸海統合地形図から被災前後の堤防横断図を再現する事ができ、堤防の侵食量や洗掘深等を統計処理する事で傾向を把握する事ができる。図-6は、比較断面位置と洗掘深の関係を示したものである。これより、想定越水開始場所の堤内洗掘深は、周辺部と比べて深くなる傾向にあることが分かった。また、想定越水開始箇所から離れると洗掘深が比較的浅くなり、ウォータークッションなどの影響が想定される。今後、近接地域のデータを増やすことにより、幾つかの要素を重ね合わせ、より高い精度の傾向を把握する事が望まれる。

被害を受けた海岸保全堤防では、津波の越流による洗掘が特徴的であった。破堤箇所においては周囲に比べて洗掘深が大きく、引き波の集中による地形変化が明瞭であった。津波による海岸保全施設の被災状況は、洗掘など河川堤防にも見られる形態である。

5. まとめ

津波による被災直後の状況を把握することを目的として、従来実施されてきた現地における被害調査に加え、高精度測量による地形変化量の調査、構造物の調査、及び最大洗掘深の調査を実施し、有益な情報が得られた。今後、洪水による河川堤防の被災状況の調査等、短期間で広域的な調査が必要な場合の調査方法として、今回の事例を参考とされたい。

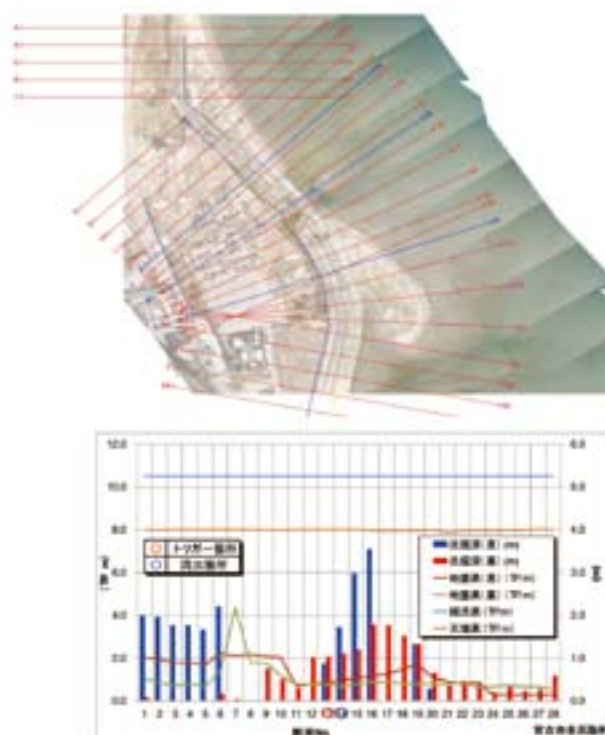


図-6 金浜海岸の統計処理例

断層調査における 電気探査の活用例

株式会社ダイヤコンサルタント ○田中 昭好
米田 茂夫
濱本 拓志

1. はじめに

トンネルなどの構造物を設計・施工する上で、断層の分布および性状を正確に把握することは、工費削減及びリスク管理の点で非常に重要である。本調査では、調査地の地形・地質からは断層の位置を特定することはできなかったが、高密度電気探査において測線配置を工夫することにより断層をうまく捉えることができた事例について、同時に実施したボーリング調査結果と合わせて報告する。

2. 地形・地質概要

本調査地は、岐阜県南東部に分布する美濃高原内の丘陵地であり、標高は280m程度、南東から北西に向けて数度の緩傾斜を示す。

調査地周辺の地質図を図-1に示す。調査地周辺の地質は中部地方土质地質図¹⁾によると濃飛流紋岩および花崗岩類を基盤とし、丘陵地では土岐砂礫層が、沖積低地では沖積層が分布している。

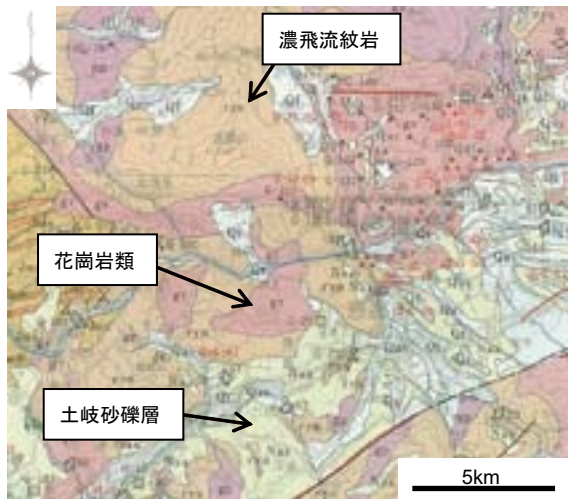


図-1 調査地周辺の地質図(中部地方土质地質図に加筆)

3. 調査の流れ

本調査の流れを図-2に示す。

(1) 文献調査・空中写真判読

調査地周辺の文献を調査し、大局的な地質分布や想定されている断層の分布などを把握した。

文献調査の結果を踏まえて実施した空中写真判読では、調査地の北西部に鞍部の連続や直線的に連続する傾斜変換線が認められた。しかし、調査地付近は緩斜面が広がるとともに、圃場整備が実施されて旧地形が改変されているた

め、水田や畑地の一部に段差地形が認められたものの、明瞭な地形変換線などは認められなかった。

(2) 地表踏査

地形判読結果を踏まえて、調査地周辺の地表踏査を行った。

その結果、調査地付近には濃飛流紋岩(溶結凝灰岩)、土岐砂礫層、沖積層、崖錐性堆積物が分布することが判明した。ただし、調査地周辺では断層地形は不明瞭であり、また断層露頭は認められなかった。

地形判読および地表踏査結果から、断層の明瞭な位置は把握できなかった。しかし、慎重に検討した結果、地形的に弱いながらも3つのリニアメントが認められた。

以上の結果を踏まえて、電気探査を実施した。

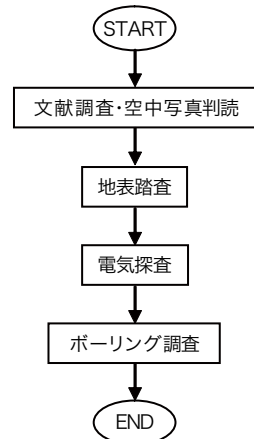


図-2 業務の流れ

3. 電気探査測線の設定

電気探査は断層の位置や分布を明らかにする目的で実施した。今回、断層が分布する可能性のある3つのリニアメントが抽出されたため、これらが収束しそうなところに測線を配置することにより、リニアメントを全て捕捉し、かつ連続性が確認できる合理的な配置を行った。

具体的には、A測線(170m)とB測線(230m)の2測線を設定し、電極間隔は5m、探査深度は100mとした。

4. 電気探査結果

比抵抗値は表層部で高く、標高260~270m付近で急激に低下する。さらに深部では、深度と共に比抵抗値が上昇する傾向が認められた。なお、図-3に示したB測線では、距離程150m付近から終点側に70°で傾斜する不連続面が認められるのが大きな特徴である。この不連続面は10m程度の幅を有しており、これを境に起点側と終点側で比抵抗分布が多少異なり、起点側に比べて終点側の比抵抗値が相対的に高くなっていることから、この不連続面が対象とする断層と想定した。

5. ボーリング調査結果検討

ボーリング調査は、電気探査のB測線で確認された断層と想定される不連続面の地質性状を把握する目的で実施

した。この際、不連続面の傾斜方向を考慮し、図-3に示すように斜め下方45°、掘進長85mで掘削することとした。

ボーリング調査の結果、沖積層、濃飛流紋岩の強風化岩および新鮮岩の分布が明らかとなると共に、不連続面付近に断層破碎帯の分布を確認した。

ボーリング調査結果とB測線比抵抗値の分布を合わせて考えると、以下のようになる。

地表より深度約10.5mまでは、沖積層が分布する。全体的に緩い土質で、礫混じり土砂、砂礫、砂混じりシルトから構成される。礫は1~5cm程度のチャートや花崗岩、濃飛流紋岩を主体とするが、局所的に10cmを超える玉石を含む場合がある。電気探査では、この区間の比抵抗値は300~450Ω・mを示す。地下水位はGL-0.4mを示すことから、地表部に分布する300Ω・m以上の比抵抗域には沖積層が分布し、500Ω・mを超える高比抵抗域は、地下水位より上の沖積層を示していると考えられる。

深度約10.5mから深度約13mまでは、濃飛流紋岩の強風化岩が分布する。強風化岩は、岩石組織を残す粘土混じり砂状を呈する。この区間の比抵抗値は、上位層から急激に低下し、10~100Ω・mの値を示すが、これは風化・変質により粘土化が進んでいることを示すものと考えられる。比抵抗値の分布から、強風化岩の層厚は、起点側で8~10m、終点側で3~5mと想定される。

強風化岩の下位には、濃飛流紋岩(溶結凝灰岩)の新鮮岩が分布する。強風化岩との境界は明瞭で、亀裂は少なく、岩級区分ではCM~CHに判定されるものである。ただし、局所的にD~CL級に判定される亀裂の密集した区間が認められる。

強風化岩との境界付近の比抵抗値は小さく、深度と共に大きくなる傾向を示している。

これら濃飛流紋岩を切るように、深度45.8m~57.8m間には破碎帯が分布する。この破碎帯はB測線で断層と想定した不連続面の分布と一致している。岩質は、局所的に硬質な岩塊を含むが、全体的には亀裂質で、岩片状ないしは、粘土・土砂混じり岩片状を呈するD~CL級岩盤を主体とする。写真-1に示すように亀裂密集部や亀裂沿いの5mm~数cmでは緑色変質が顕著で、粘土や粘土混じり土砂を挟在する。破碎帯の比抵抗値は、250~300Ω・mを示す。

なお、破碎帯の周辺2~3mは緑色変質が弱く、亀裂を多く含むCL級を主体とする岩盤劣化帯が分布する。

今回の調査において明らかとなった比抵抗値と岩級の関係性をまとめると表-1のようになる。

岩級区分と比抵抗値は、表-1に示すように、良い対応を示している。特に破碎帯の比抵抗値が、全体的に粘土化した強風化岩のそれと比べて低くないということは、破碎帯の破碎・粘土化の程度がそれほど著しいものではないという性状を反映していると考えられる。

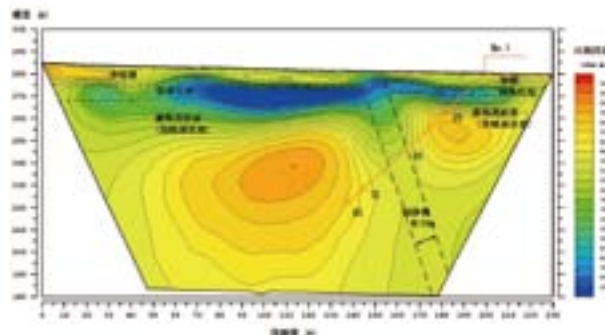


図-3 比抵抗断面図およびボーリング位置(B測線)

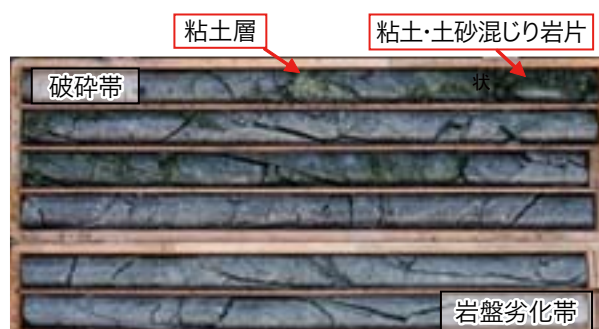


写真-1 断層破碎帯、岩盤劣化帯のコア写真 (深度:55~61m)

表-1 調査地の比抵抗値と地盤状況

比抵抗値	岩級	想定される地盤状況
400Ωm以上	CL~CH	・地下水位より上に分布する未固結堆積物 ・地下水位以下の堅硬な新鮮岩
300~400Ωm	CL級主体	・地下水位以下の亀裂の多い岩盤 ・地下水位以下の岩盤劣化帯
100~300Ωm	CL	・断層破碎帯 ・地下水位以下の未固結堆積物
100Ωm以下	D	・地下水位以下の粘土化した強風化岩盤

6. おわりに

今回の調査地は、地形・地質条件が悪く、空中写真判読や地表踏査では断層の分布を正確に把握することはできなかったため、電気探査の測線配置が重要であった。そのため、地形・地質データを精査し、もっとも効率的に把握できそうな位置に測線を配置し探査を実施した結果、断層を捉えることができた。

また、同時に実施したボーリング調査の結果、比抵抗値とボーリングコアの対比により、岩級が高くなるにつれて比抵抗値も高くなる良好な関係が認められた。さらに、断層破碎帯については、不連続面の分布および、その比抵抗値と実際の破碎程度が良く対応しており、断層の規模や性状を想定する方法として電気探査の有効性を確認することができた。

引用・参考文献

- 1) 中部地方土木地質図編纂委員会: 中部地方土木地質図, 1992.